PROFINET - Descrição do Sistema

Tecnologia e Aplicação

Diretoria Associação Profibus - Profinet

Introdução
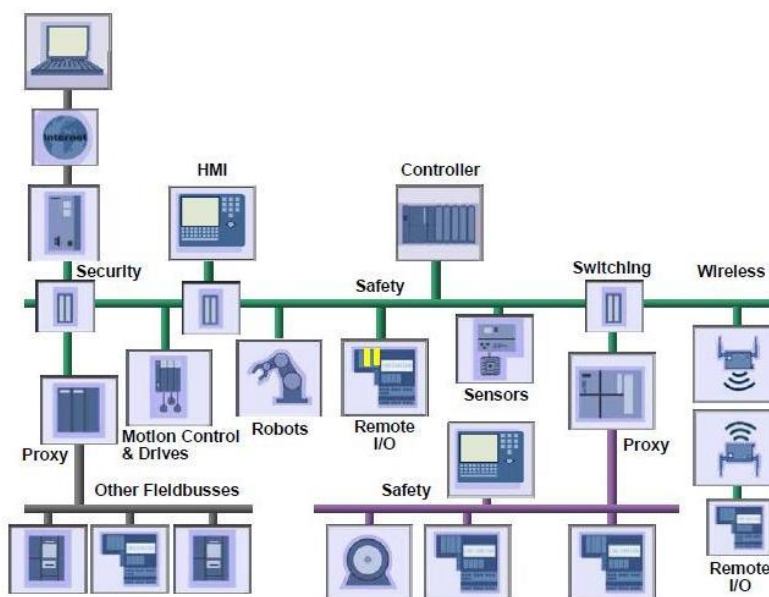
Figura 1 - PROFINET satisfaz a todos os requerimentos da tecnologia de automação

Os ciclos de inovação cada vez mais curtos para novos produtos torna necessária a evolução contínua da tecnologia de automação. O uso da tecnologia de redes de campo tem tido desenvolvimento significativo nos últimos anos. Ela possibilitou a migração dos sistemas de automação centralizados para os sistemas distribuídos. O PROFIBUS, como líder global de mercado, tem estabelecido o padrão por mais de 20 anos.

Na tecnologia de automação atual, a rede Ethernet e a tecnologia de informação (TI) estão se tornando cada vez mais importantes, com padrões estabelecidos como TCP/IP e XML. A integração da tecnologia de informação na automação proporciona opções de comunicações muito melhores entre os sistemas de automação, mais possibilidades de configurações, diagnósticos e funcionalidades. Essas funções são componentes integrais do PROFINET desde o princípio.

O PROFINET é o padrão aberto e inovador para Ethernet industrial. Satisfaz todos os requisitos da tecnologia de automação. Independente de a aplicação envolver automação de manufatura, automação de processos ou acionamentos (com ou sem segurança funcional), PROFINET é a melhor opção em todos os níveis. O PROFINET estabeleceu-se em todos os mercados industriais: é o padrão na indústria automotiva, está amplamente disseminado na fabricação de máquinas, indústrias de alimentos, bebidas, embalagem e logística industrial. Novas áreas de aplicação estão surgindo constantemente, como aplicações marítimas e ferroviárias ou mesmo nas operações diárias numa fábrica de bebidas, por exemplo. Além disso, os aprimoramentos contínuos do PROFINET trazem benefícios aos usuários, como o perfil PROFIenergy que possibilita o monitoramento de energia nos processos de produção.

O PROFINET está padronizado segundo as normas IEC 61158 e IEC 61784. O desenvolvimento contínuo do PROFINET oferece aos usuários uma visão de longo prazo na execução de suas tarefas de automação.

Para os fabricantes de máquinas e plantas industriais, o uso do PROFINET minimiza os custos de instalação, engenharia e startup. Para os usuários, o PROFINET oferece facilidade de expansão da fábrica e alta disponibilidade do sistema devido ao funcionamento autônomo de cada unidade fabril e aos baixos requisitos de manutenção.

A certificação obrigatória para os dispositivos PROFINET também garante um alto padrão de qualidade.

Sumário

Notas sobre o Conteúdo

Este documento descreve todos os aspectos essenciais da tecnologia PROFINET e reflete o nível de tecnologia disponível no fim de 2010.

Capítulo 1 introduz o PROFINET, proporciona uma visão geral da posição no mercado e descreve seu design modular.

Capítulo 2 descreve os modelos subjacentes e a engenharia de um sistema em PROFINET.

Capítulos 3 até 5 abrangem as funções básicas da comunicação PROFINET do ponto de vista das classes de conformidade.

Capítulo 6 contém uma breve descrição das funções adicionais que são usadas em diferentes aplicações.

Capítulos 7 até 9 são dedicados à integração a outras redes de campo e a descrever perfis, tópicos específicos da automação de processos e dos benefícios adicionais dos sistemas PROFINET.

Capítulo 10 descreve aspectos relevantes das redes PROFINET tais como topologias, cabos, conectores, integração web, e segurança.

Capítulo 11 é direcionado aos desenvolvedores de produtos e fornece informações sobre implementação e certificação de dispositivos PROFINET.

Capítulo 12 fornece informações sobre o PROFIBUS & PROFINET International, a maior organização de classe mundial para a automação industrial.

1. Uma visão rápida do PROFINET

1.1 Mercados e aplicações

PROFINET é o padrão de comunicação para automação da PROFIBUS & PROFINET International (PI). A gama modular de funções torna o PROFINET uma solução flexível para todas as aplicações e mercados. Com PROFINET, aplicações de automação de manufatura e processo, aplicações com segurança funcional e toda a gama de tecnologia de acionamentos, incluindo aplicações de controle de movimento isócrono podem ser implementadas. Perfis de aplicação permitem o uso otimizado do PROFINET em todas as áreas de engenharia de automação.

Para os fabricantes de máquinas e plantas industriais, o uso do PROFINET minimiza os custos de instalação, engenharia e startup.

O usuário final se beneficia com a facilidade de expansão, com alta disponibilidade das instalações e com uma automação rápida e eficiente.

Os muitos anos de experiência com o PROFIBUS e o uso difundido da Ethernet industrial conduziram ao PROFINET. O PROFINET usa UDP/IP como protocolo de nível superior para troca de dados orientados por demanda. Em paralelo com a comunicação UDP/IP, a troca cíclica de dados no PROFINET é baseada em um conceito de tempo real.

Além disso, o PROFINET desempenha um papel importante quando se trata de proteção ao investimento. O PROFINET permite a integração de redes de campo existentes como o PROFIBUS, AS-Interface, INTERBUS, Foundation Fieldbus, e DeviceNet sem alterações nos dispositivos existentes. Isso significa que os investimentos dos usuários finais, fabricantes de máquinas e plantas industriais, assim como fabricantes de dispositivos estão todos protegidos.

O uso do processo de certificação garante um alto padrão de qualidade para os produtos PROFINET e sua interoperabilidade nas aplicações.
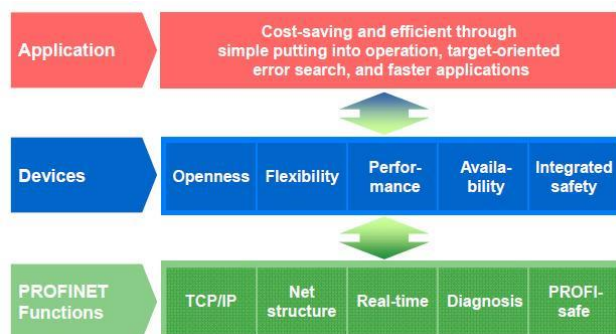
Figura 2: A funcionalidade do PROFINET é escalável

1.2 Destaques

Tudo em um só cabo

Com sua comunicação integrada, baseada em Ethernet, PROFINET satisfaz uma ampla gama de requisitos, desde atribuições de parâmetros com grande quantidade de dados até trocas de dados de I/O extremamente rápidas. PROFINET permite automação em tempo real ao mesmo tempo em que proporciona uma interface direta ao nível de TI.

Topologia de rede flexível

O PROFINET é 100% compatível com Ethernet de acordo com as normas IEEE e se adapta às aplicações industriais graças às suas topologias flexíveis em linha, anel, estrela e árvore e soluções por cabo ou fibra óptica. PROFINET não requer soluções personalizadas de alto custo e permite também comunicação sem fio com WLAN e Bluetooth.

Tempo Real Expansível

Diferentes tipos de comunicações podem compartilhar o mesmo cabo, provindas de todos os tipos de aplicações, variando desde as simples tarefas de controle até aplicações de controle de movimento de alto desempenho. Para tarefas de controle de alta precisão em malha fechada, é possível a transmissão determinística de dados em modo isócrono com uma variação de menos de um 1µs.

Alta disponibilidade

O PROFINET integra automaticamente soluções de redundância e conceitos de diagnósticos inteligentes. A transmissão acíclica de dados de diagnóstico fornece importantes informações do estado da rede e dos dispositivos, incluindo uma visualização da topologia de rede. Os conceitos de redundância de meio físico e de sistema aumentam significativamente a disponibilidade da aplicação.

Segurança funcional

A tecnologia comprovada de segurança PROFIsafe do PROFIBUS também está disponível para o PROFINET. A habilidade para usar o mesmo cabo para comunicação comum e comunicação relacionada com segurança funcional traz economia em dispositivos, engenharia e configuração.

1.3 Perspectivas do PROFINET

O conceito PROFINET tem duas perspectivas: PROFINET CBA e PROFINET I/O. A Figura 3 mostra como as duas perspectivas se relacionam.

O PROFINET CBA é adequado para comunicação entre máquinas, baseia-se em componentes, trabalha via TCP/IP e destina-se a comunicação em tempo real, em especial em projetos altamente modularizados. Ele possibilita um projeto simples de fábricas e linhas de produção baseado em inteligência distribuída, usando configurações gráficas entre os módulos inteligentes.

O PROFINET CBA e o PROFINET I/O podem ser operados separadamente ou de forma combinada, de forma que um dispositivo PROFINET I/O apareça na visualização da fábrica como um módulo PROFINET CBA.

Esta descrição fornece, especificamente, uma explanação detalhada do PROFINET I/O.
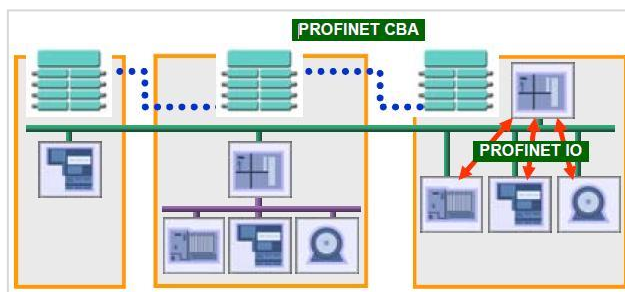
Figura 3: Perspectivas do PROFINET

1.4 Classes de Conformidade

O escopo de funções suportadas pelo PROFINET I/O está dividido, de modo claro, em classes de conformidade (“CC”). Essas classes de conformidade proporcionam uma visão geral das propriedades básicas que um dispositivo PROFINET deve suportar.

Há três classes de conformidade que complementam as funcionalidades uma das outras e que são utilizadas conforme a aplicação. (Figura 4).
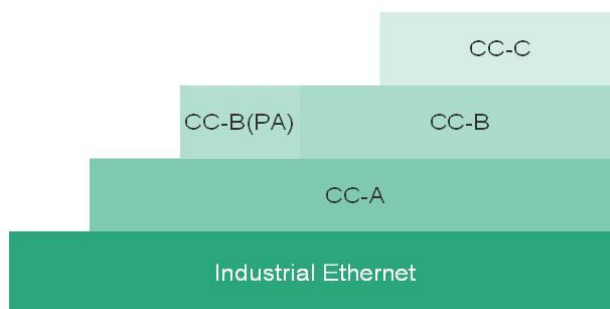
Figura 4: Estrutura das classes de conformidade

A CC-A descreve funções básicas do PROFINET I/O em comunicação RT. Todos os serviços de TI podem ser usados sem restrições. É aplicada, por exemplo, na automação predial. A comunicação sem fio só é possível nessa classe.

A CC-B estende os diagnósticos de rede via mecanismos de TI bem como possibilita o levantamento da topologia de rede. A função de redundância do sistema, importante para a automação de processos, está contida em uma versão estendida da CC-B denominada CC-B(PA).

A CC-C descreve as funções básicas para dispositivos com sincronização e reserva de largura de banda suportada por hardware (comunicações IRT) e é, portanto, a base para as aplicações isócronas.

As classes de conformidade também servem como base para certificação de dispositivos e instruções sobre cabeamentos.

Uma descrição detalhada das CCs pode ser encontrada no documento "The PROFINET I/O Conformance Classes" em “Downloads/Supplementary Documents”.

1.5 Padronização

PROFINET está especificado nas normas IEC 61158 e IEC 61784. O conceito PROFINET foi definido em estreita colaboração com usuários finais e com base no padrão Ethernet, de acordo com a norma IEEE 802.Somente foram especificados acréscimos ao padrão Ethernet quando este não pode atender, por si só, aos requisitos necessários.

2. Modelagem e engenharia

Esta seção explica os modelos de um sistema PROFINET I/O e exemplifica o processo de planejamento para descrever as opções de endereçamento.

2.1 Modelagem de um Sistema PROFINET I/O

PROFINET I/O segue o modelo Provedor/Consumidor para troca de dados. A configuração de um sistema PROFINET I/O tem a mesma aparência e comportamento de uma configuração PROFIBUS. As seguintes classes de dispositivo são definidas para o PROFINET I/O (5):

I/O-Controller: Tipicamente representado pelo controlador lógico programável (PLC) no qual o programa de automação é executado. Este é comparável a um mestre classe 1 no PROFIBUS. O I/O-Controller fornece dados de saída para os I/O Devices configurados e é o consumidor dos dados de entrada dos I/O-Devices.

I/O-Device: Um I/O-Device é um dispositivo de campo de I/O distribuído que está conectado a um ou mais I/O-Controllers via PROFINET I/O. Ele é comparável à função de um escravo no PROFIBUS. O I/O-Device é o provedor de dados de entrada do IO-Controller e é o seu consumidor dos dados de saída.

I/O-Supervisor: Este pode ser um dispositivo de programação, um computador pessoal (PC), ou uma interface homem máquina (HMI) para fins de startup ou diagnóstico e corresponde a um mestre classe 2 no PROFIBUS.

Um sistema PROFINET I/O tem pelo menos um I/O-Controller e um ou mais I/O-Devices. I/O-Supervisors usualmente são utilizados temporariamente para fins de startup ou solução de problemas.
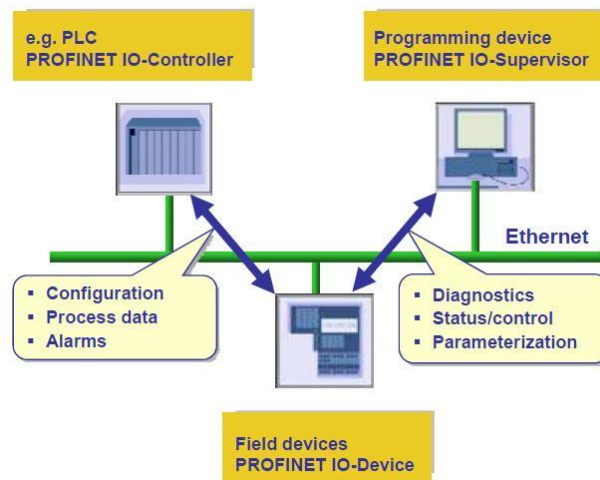
Figura 5: Caminhos de comunicações para o PROFINET I/O

2.2 Modelagem de um dispositivo PROFINET I/O

O modelo de dispositivo descreve todos os dispositivos de campo em termos de suas possíveis características técnicas e funcionais. Ele é especificado pelo DAP (**D**evice **A**ccess **P**oint) e os módulos definidos para uma família particular de dispositivos. DAP é o ponto de acesso para comunicação com a interface Ethernet e o programa em processamento. Uma variedade de módulos de I/O pode ser atribuída a ele para gerenciar o processo real de comunicação de dados.

As seguintes estruturas são padronizadas para um I/O-Device:

- O **slot** designa o local onde um módulo I/O é inserido em um dispositivo de campo modular. Os módulos configurados contendo um ou mais subslots para troca de dados são endereçados com base nos diferentes slots.
- Dentro de um slot, os **subslots** representam a interface atual para o processo (inputs/outputs). A granularidade de um subslot (divisão por bit, por byte, ou por palavra dos dados I/O) é determinada pelo fabricante. O conteúdo de dados de um subslot é sempre acompanhado por informações de estado, de onde se pode derivar a validade dos dados.
- O **index** especifica os dados dentro de um slot/subslot que podem ser lidos ou escritos aciclicamente via serviços de leitura/escrita. Por exemplo, parâmetros podem ser escritos para um módulo ou dados específicos do fabricante podem ser lidos com base em um index.

Dados de I/O cíclicos podem ser endereçados especificando a combinação slot/subslot. Estes podem ser definidos livremente pelo fabricante. Para comunicação de dados acíclica via serviços de leitura/escrita, uma aplicação pode especificar o enderaçamento dos dados usando **slot**, **subslot**, e **index** (Figura 6).

Para evitar acessos conflitantes na definição de perfis de usuário (por exemplo, para PROFIdrive, pesagem e dosagem, etc.), a **API** (**A**pplication **P**rocess **I**dentifier/Instance) é definida como um nível de endereçamento adicional.

O PROFINET faz distinção entre **dispositivos de campo compactos**, nos quais o grau de expansão já está especificado na condição de fornecimento e não pode ser alterado pelo usuário, e **dispositivos de campo modulares**, nos quais o grau de expansão pode ser personalizado para uma aplicação especifica quando o sistema é configurado.

2.3 Descrições de dispositivos

Os arquivos GSD (General Station Description) dos dispositivos de campo são necessários para a engenharia do sistema. O GSD, baseado em XML, descreve as propriedades e funções dos dispositivos de campo PROFINET I/O. Ele contém todos os dados relevantes para engenharia e também para troca de dados com o dispositivo de campo. O fabricante do dispositivo de campo deve fornecer o GSD baseado em XML de acordo com a especificação GSDML.

2.4 Relações de comunicação

Para estabelecer a comunicação entre o I/O Controller e um I/O-Device, devem ser estabelecidos os caminhos de comunicação. Esses caminhos de comunicação são definidos pelo I/O-Controller durante a inicialização do sistema com base nos dados de configuração do sistema de engenharia. Isto especifica a troca de dados explicitamente.
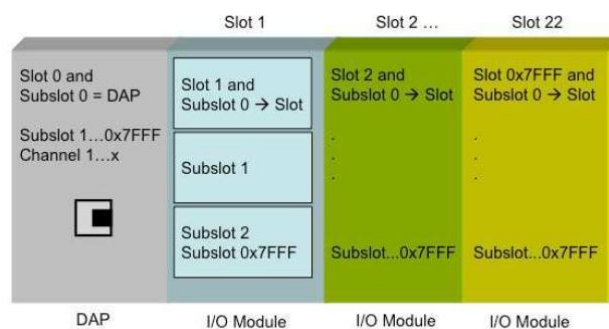
Figura 6: Endereçamento de dados I/O no PROFINET I/O baseado em slots e subslots

Toda troca de dados é embutida em uma AR (**A**pplication **R**elation) (Figura 7). Dentro da AR, CRs (**C**ommunication **R**elations) especificam os dados explicitamente. Consequentemente, todos os dados para modelagem do dispositivo, incluindo os parâmetros gerais de comunicação, são transferidos para o I/O-Device. Um I/O-Device pode ter múltiplas ARs estabelecidas a partir de diferentes I/O-Controllers.
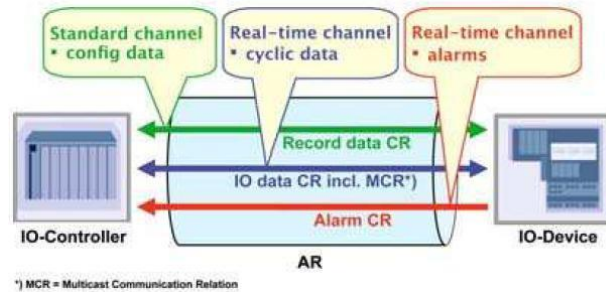
Figura 7: Relações de aplicação e relações de comunicação

Os canais de comunicação para troca cíclica de dados (I/O data CR), troca acíclica de dados (record data CR), e alarmes (alarm CR) são configurados simultaneamente.

Múltiplos I/O-Controllers podem ser usados em um sistema PROFINET (Figura 8). Se os I/O-Controllers precisarem acessar os mesmos dados nos I/O-Devices, isto deve ser especificado durante a configuração (Shared Device, Shared Input).
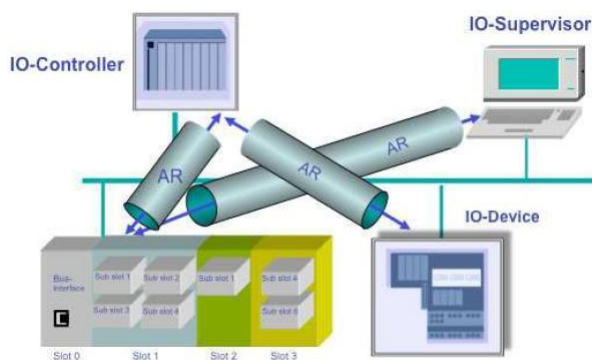
Figura 8: Um dispositivo de campo pode ser acessado por múltiplas relações de aplicação

Um I/O-Controller pode estabelecer uma AR, cada uma delas com múltiplos I/O-Devices. Dentro de uma AR, várias I/O CRs e APIs podem ser usadas para troca de dados. Isto pode ser útil, por exemplo, se for envolvido mais de um perfil de comunicação (PROFIdrive, Encoder, etc.) na comunicação e se for necessário subslots diferentes. As APIs especificadas servem para diferenciar a comunicação de dados dentro de uma IO CR.

2.5 Endereçamento

No PROFINET IO, cada dispositivo de campo tem um nome simbólico que o identifica de forma única em um sistema PROFINET IO. Esse nome é usado para o IO controler aprender o endereço MAC do IO device e lhe atribuir um endereço IP. O protocolo DCP (Dynamic Configuration Protocol) integrado em cada I/O-Device é usado para essa finalidade.

O endereço IP é atribuído através do protocolo DCP baseado no nome do dispositivo. O DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) é utilizado no mundo todo, como consequência,o padrão PROFINET fornece configurações opcionais de endereçamento via DHCP ou via mecanismos específicos do fabricante. As opções de endereçamento suportadas por um dispositivo de campo são definidas no arquivo GSD.

Opcionalmente, o nome do I/O-Device também pode ser automaticamente atribuído por meio de uma topologia previamente configurada, baseada na detecção de vizinhança.

Um I/O-Device PROFINET é endereçado para troca direta de dados através do seu endereço MAC (veja quadro).

Endereço MAC e OUI (organizationally unique identifier)

Cada dispositivo PROFINET é endereçado com base em um endereço MAC. Esse endereço é único no mundo. O código da empresa (bits 47 a 24) pode ser obtido gratuitamente através do departamento de padronização da IEEE. Essa parte é chamada de OUI (organizationally unique identifier).

O PI oferece endereços MAC para fabricantes de dispositivos que não queiram se filiar a IEEE para obter seu próprio OUI, em outras palavras, um OUI fixo. Esse serviço permite que os membros da PI adquiram Endereços MAC do PI Support Center. O fornecimento pode ser feito em blocos de 4000 endereços.

O OUI do PI é 00-0E-CF e é estruturado como se mostra na tabela. O OUI pode ser usado para até 16.777.214 produtos.

Bits significativos 47 a 24						Bits significativos 23 a 0					
0	**0**	**0**	**E**	**C**	**F**	X	X	X	X	X	X
Código da empresa → OUI						Número consecutivo					

2.6 Engenharia de um sistema PROFINET I/O

Cada fabricante de I/O-Controller também fornece uma ferramenta de engenharia para configurar um sistema PROFINET. Durante o desenvolvimento de um sistema, o usuário configura os módulos/submódulos de um I/O-Device definidos pelo arquivo GSD de forma a mapeá-los e configurá-los num sistema real. O usuário configura o sistema real simbolicamente na ferramenta de engenharia (engineering tool). A Figura 9 mostra a relação entre as definições do arquivo GSD, da configuração e a visão real da planta.

Após terminar o desenvolvimento do sistema, o usuário transfere a configuração do sistema para o I/O-Controller, que também contém o programa que controla sistema em si. Consequentemente, um I/O-Controller tem todas as informações necessárias para endereçar os I/O-Devices e estabelecer a troca de dados entre os dispositivos PROFINET.

Para que um I/O-Controller possa executar troca de dados com os I/O-Devices, deve ser atribuído a estes um endereço IP baseado em seu nome na configuração. Isto deve ser feito durante a energização do sistema.
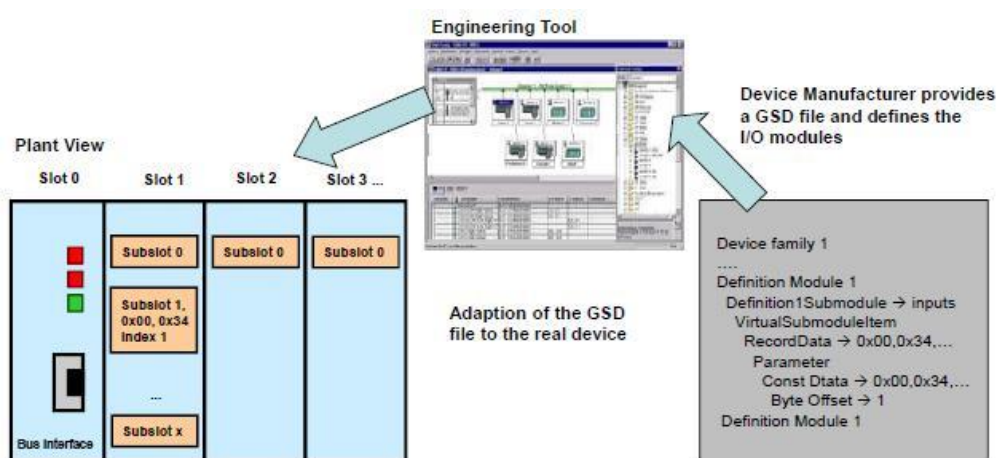
Figura 9: Atribuição de definições no arquivo GSD para I/O Devices ao configurar o sistema

O I/O-Controller executa isso automaticamente usando o protocolo DCP.

Após a inicialização/reinicialização (startup/restart), um I/O-Controller sempre inicia a energização do sistema (system power-up) com base nos dados de configuração sem qualquer intervenção do usuário. Durante a energização do sistema, um I/O-Controller estabelece uma relação de comunicação (CR) explicitamente especificada e uma relação de aplicação (AR) com um I/O Device. Estas relações especificam as trocas cíclicas de dados, os alarmes, os serviços de trocas de dados acíclicas e os módulos/submódulos configurados. Após a energização bem sucedida do sistema, iniciam-se as trocas de dados especificadas pelas relações.

2.7 Integração Web

PROFINET é baseado em Ethernet e suporta TCP/IP. Isso permite o uso de tecnologias para acessar um servidor web integrado em um dispositivo de campo, entre outras coisas. Dependendo da implementação do dispositivo, os diagnósticos podem ser obtidos facilmente através de um navegador web padrão, mesmo que o usuário não esteja diretamente conectado na mesma rede de automação. Assim, não é mais necessário um sistema de engenharia voltado apenas para diagnósticos. O PROFINET por si só não define quaisquer conteúdos ou formatos específicos. Em vez disso, ele possibilita uma implementação aberta e livre.

3. Funções Básicas da Classe de Conformidade A

As funções básicas da Classe de Conformidade A incluem a troca cíclica de dados I/O em tempo real e a comunicação acíclica de dados sob demanda (parâmetros, diagnósticos). Entre as funções de diagnósticos inclui-se a função Identification & Maintenance (I&M) para leitura de informações do dispositivo e um modelo de alarme flexível para a supervisão dos dispositivos e da própria rede através de três níveis de alarme (manutenção, manutenção urgente e diagnósticos) (Tabela 1).

Requisito	Função/Solução Técnica
Troca cíclica de dados	PROFINET com comunicação RT
Dados acíclicos de parâmetro/ identificação de dispositivo (HW/FW)	Ler registro/escrever registro I&M0
Diagnóstico dispositivo/rede alarmes	Diagnósticos e manutenção.

Tabela 1: Lista de funções básicas

3.1 Troca cíclica de dados

Dados de I/O cíclicos são transmitidos via “I/O Data CR”, considerados como dados em tempo real entre o provedor e o consumidor. O tempo de ciclo pode ser configurado individualmente nos dispositivos e adaptando-se livremente aos requisitos da aplicação. Da mesma forma, podem ser selecionados diferentes tempos de ciclo para dados de entrada e saída, dentro de um intervalo de 250 µs a 512 ms.

A conexão é supervisionada através do monitoramento de tempo, que é um intervalo configurado de acordo com o tempo de ciclo da troca de dados. Durante a transmissão, os dados de um subslot são enviados com a informação de estado do provedor. Essa informação de estado é avaliada pelo respectivo consumidor dos dados I/O. Como resultado, é possível confirmar a validade dos dados utilizando apenas a troca cíclica. Além disso, o estado do consumidor para a direção oposta também é transmitida e, dessa forma, o consumidor também envia seu estado para o seu provedor.

Os dados nos telegramas são acompanhados de informações sobre a validade dos dados, o estado da redundância e o estado dos diagnósticos. As informações de ciclo (contador de ciclo) do provedor também são enviadas de forma que sua taxa de atualização possa ser determinada facilmente. A falha na recepção dos dados cíclicos é monitorada pelo respectivo consumidor na relação de comunicação. Se os dados configurados não chegarem dentro do intervalo de tempo de monitoração, o consumidor envia uma mensagem de erro para a aplicação (Figura 10).
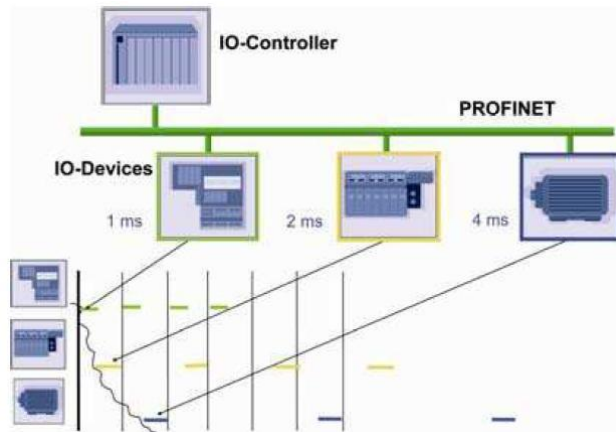
Figura 10: Comunicação em tempo real com monitoramento de tempo de ciclo

A troca cíclica de dados pode ser feita com dispositivos padrões de rede, tais como switches e controladores Ethernet e ocorre diretamente na camada dois da rede, sendo facilmente identificada através do campo Ethertype=0x8892 e sem quaisquer informações referentes as camadas TCP(UDP)/IP. De forma que os dados cíclicos possam ser priorizados nos switches, é adionado no telegrama Ethernet a identificação de VLAN com alta prioridade, conforme a norma IEEE802.1Q .

3.2 Parametrização acíclica de dados

A troca acíclica de dados pode ser usada para atribuição de parâmetros, configuração do I/O-Devices, assim como leitura de diagnósticos usando o "Record Data CR". Isso é realizado através de leitura/escrita de dados utilizando-se serviços padrões de TI via UDP/IP, onde os diferentes registros de dados são identificados pelo seu index. Além dos registros de dados disponíveis para uso pelos fabricantes de dispositivos, os seguintes registros de dados de sistema são também especialmente definidos:

- **Informações de diagnóstico** da rede e do dispositivo podem ser lidas pelo usuário de qualquer ponto e a qualquer instante.
- **Entradas de log de erro** (alarmes e mensagens de erro), que podem ser usadas para obter informações detalhadas de tempo sobre eventos dentro de um I/O-Device.
- **Informações de Identificação e Manutenção** (I&M)

A habilidade de ler informações de identificação de um dispositivo de campo é muito útil para fins de manutenção. Por exemplo, isso possibilita diagnosticar comportamento incorreto ou funcionalidade não suportada em um dispositivo de campo. Essas informações são especificadas nas estruturas de dados I&M.

As funções I&M estão subdivididas em cinco blocos diferentes (IM0 ... IM4) e podem ser endereçadas separadamente usando seu index. Todo I/O-Device deve suportar a função IM0 com informações sobre versões de hardware e firmware.

A especificação I&M denominada "Identification & Maintenance Functions" pode ser baixada do website da PI.

3.3 Diagnósticos de dispositivo/rede

A manutenção baseada em estado está ganhando relevância atualmente para operação e manutenção. Ela é baseada na capacidade dos dispositivos e componentes determinarem seu estado e informá-lo através mecanismos predefinidos. Nesse contexto um sistema altamente confiável foi definido para o PROFINET I/O, de forma que o I/O Device possa enviar seu estado operacional para o I/O Controler.

Esse conceito de diagnóstico abrange tanto eventos definidos por sistema (como remoção e inserção de módulos) bem como sinalização de falhas que foram detectadas através de funções intrínsecas do equipamento utilizado (por exemplo, tensão de alimentação indevida ou quebra de fio). Isto é baseado em um modelo de estado que define os estados "bom" e "defeituoso" bem como níveis criticidade “manutenção necessária” e “manutenção exigida”. Um exemplo típico disso é o rompimento de um cabo rede numa estrutura em anel, que indica “manutenção necessária”, mas devido à redundância, a rede ainda está totalmente funcional.
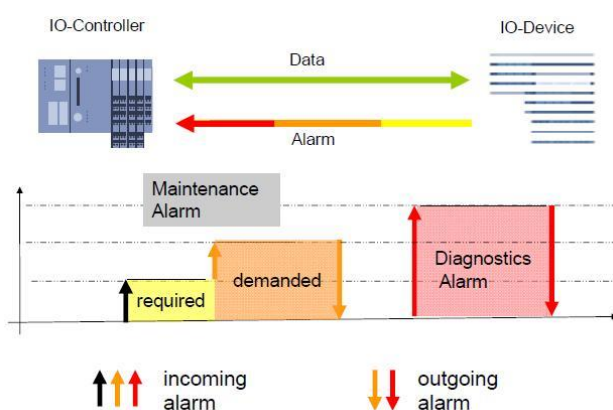
Figura 11: Modelo de diagnóstico para sinalizar falhas com diferentes prioridades

Alarmes de diagnóstico devem ser usados se o erro ou evento ocorre em um I/O-Device ou em conjunto com componentes conectados. Eles podem sinalizar um status de falha detectada ou sendo normalizada (Figura 11).

Além disso, o usuário pode definir **alarmes de processo** correspondentes às condições do processo, por exemplo, limite de temperatura excedido. Neste caso, o I/O-Device também pode ser utilizado. Para os alarmes de processo podem ser atribuídas prioridades diferentes daquelas atribuídas para os alarmes de diagnóstico.

4. Diagnósticos de rede e funções básicas da Classe de Conformidade B

A Classe de Conformidade B expande os dispositivos de forma a incluir diagnósticos de redes adicionais e detecção automática da topologia de rede. O PROFINET usa SNMP (**S**imple **N**etwork **M**anagement **P**rotocol) para isso. Partes do MIB2 (**M**anagement **I**nformation **B**ase **2**) e LLDP-EXT MIB (Link Layer Discovery Protocol -MIB) são integradas nos dispositivos. Em paralelo ao SNMP, todas as informações de diagnóstico e topologia podem ser também acessadas através do PDEV (**P**hysical **Dev**ice Object) usando serviços PROFINET acíclicos.

4.1 Protocolo de gerenciamento de rede

Nas redes existentes, o SNMP se estabeleceu como o verdadeiro padrão para manutenção e monitoramento de componentes de rede e suas funções. O SNMP pode ler/configurar componentes de rede, obter dados estatísticos referentes à rede, bem como informações específicas da porta de comunicação. Para monitorar dispositivos PROFINET com um determinado sistema de gerenciamento, a utilização do SNMP é indispensável nos dispositivos de classes de conformidade B e C.

4.2 Detecção de vizinhança

Os sistemas de automação podem ser configurados de maneira flexível utilizando estrutura de rede em linha, estrela, árvore ou anel. O LLDP (Link Layer Discovery Protocol - de acordo com a norma IEEE 802.1 AB) foi aplicado no PROFINET IO para comparar a topologia configurada com a atual, isto é, para confirmar que dispositivos de campo estão conectados da forma como foram configurados pelo usuário e também identificar quais vizinhos estão interligados em suas portas.
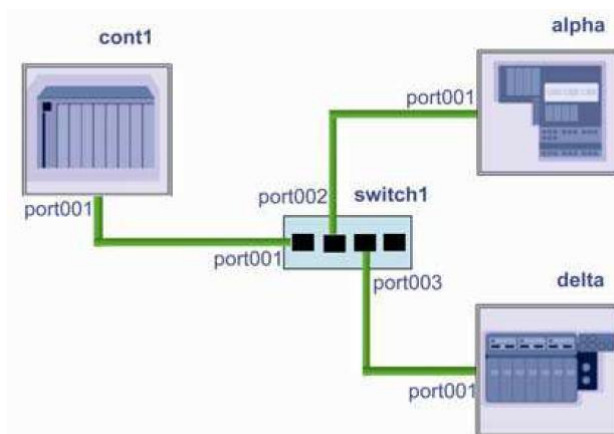
Figura 12: Dispositivos de campo PROFINET detectam seus vizinhos

Dispositivos de campo PROFINET trocam informações de endereçamento existentes com dispositivos vizinhos conectados através de cada porta do switch. Dessa forma, os dispositivos vizinhos são identificados de forma única e sua localização física é determinada (exemplo na Figura 12: o dispositivo delta é conectado à porta 003 do switch 1 via porta 001).
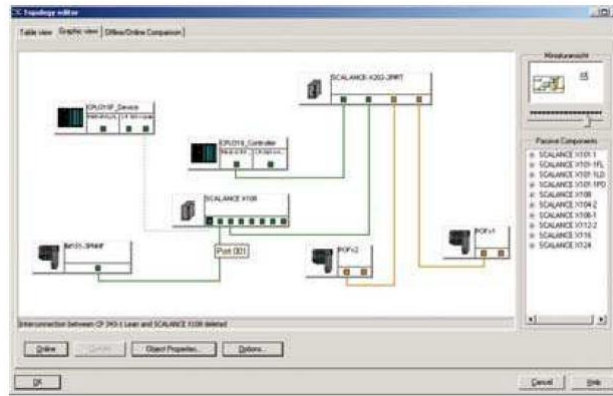
Figura 13: Topologia plana

4.3 Representação da topologia

O usuário pode usar uma ferramenta adequada para exibir graficamente uma topologia de planta e seus respectivos diagnósticos (Figura 13). As informações encontradas durante a detecção de vizinhança são coletadas usando o protocolo SNMP. Isso proporciona uma rápida visão geral do status da planta.
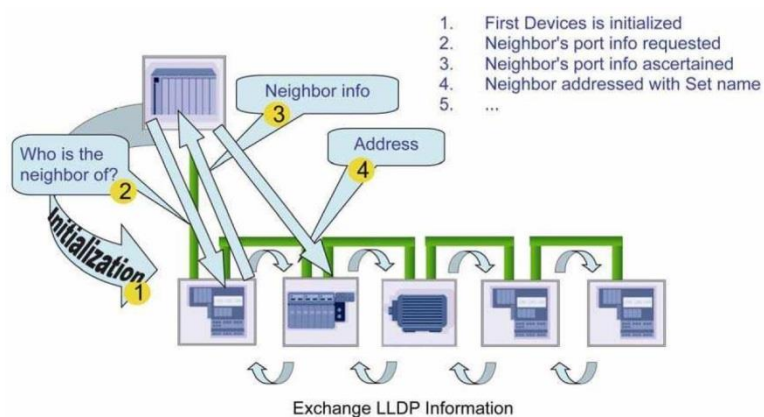
Figura 14: O PROFINET I/O suporta substituição dos dispositivos e visualização da topologia da planta de forma conveniente

4.4 Substituição de dispositivo

Se um dispositivo de campo defeituoso é substituído em uma topologia conhecida, é possível verificar se o novo dispositivo foi reconectado na posição correta. É até possível substituir dispositivos sem o uso de ferramenta de engenharia: quando substituído, um dispositivo em uma dada posição na topologia recebe o mesmo nome e parâmetros de seu predecessor (Figura 14).

4.5 Integração de diagnósticos de rede nos diagnósticos de I/O do sistema

Na Classe de Conformidade B os switches devem ser configurados como um PROFINET I/O-Device e sinalizar os erros de rede detectados de na rede Ethernet abaixo dele, diretamente para o I/O Controller. Agindo como um I/O-Device, esse tipo de switch pode sinalizar falhas e modos de operação específicos ao seu I/O-Controller transmitindo alarmes acíclicos usando o "alarm CR". Dessa maneira, os diagnósticos de rede podem ser integrados nos diagnósticos de I/O do sistema (Figura 15).
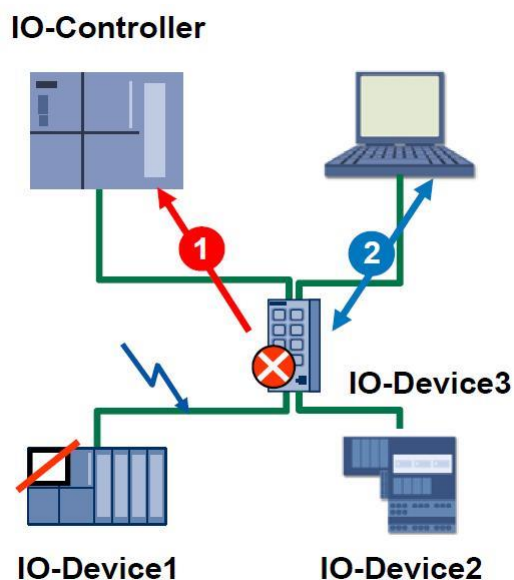
Figura 15: Integração dos diagnósticos de rede no I/O Controller

5. Tempo real isócrono com Classe de Conformidade C

A Classe de Conformidade C inclui todas as funções de sincronização necessárias no ambiente de rede para aplicações com que requerem respostas extremamente determinísticas. As redes baseadas em Classe de Conformidade C possibilitam aplicações com uma variação menor do que 1 µs. Pacotes cíclicos de dados são transferidos como pacotes sincronizados em uma largura de banda reservada. Todos os outros pacotes, tais como pacotes para diagnóstico ou TCP/IP, compartilham o restante da largura da banda Ethernet.

Por padrão, a taxa mínima de atualização é definida em 250 µs em Classe de Conformidade C. Para máximo desempenho de controle, esse valor pode ser reduzido muito baixo chegando a 31,25 µs, dependendo do hardware utilizado. De forma a otimizar a troca de dados quando tempos de ciclo inferiores a 250 µs forem utilizados, os dados cíclicos são dinamicamente agrupados em um único telegrama (dynamic frame packing, DFP). Através desse método, os dispositivos que estão interconectados numa mesma linha de comunicação, recebem seus dados através de um único telegrama. Além disso, para tempos de ciclo menores do que 250 µs, a comunicação TCP/IP é fragmentada e transmitida em telegramas menores.

5.1 Comunicação sincronizada

Para que os ciclos de comunicação funcionem de forma sincronizada (ao mesmo tempo) com uma variação de no máximo 1 µs (jitter), todos os dispositivos envolvidos na comunicação sincronizada devem ter um relógio (clock) comum. Um relógio mestre envia telegramas de sincronização de forma que todos os relógios do mesmo sistema trabalhem de forma sincronizada (domínio IRT) (Figura 16). Para essa finalidade, todos os dispositivos envolvidos nesse sistema devem estar conectados diretamente uns aos outros, sem passar por dispositivos não sincronizados. Múltiplos sistemas de relógio independentes podem ser configurados em uma rede.
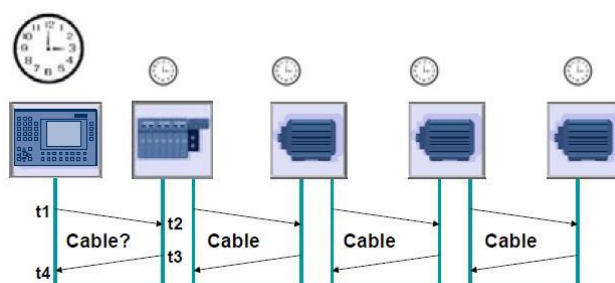
Figura 16: Sincronização dos relógios dentro de um domínio IRT através de relógio mestre

Para obter a precisão desejada para a sincronização e operação sincronizada, o tempo de transmissão em cada trecho da rede deve ser medido através do envio de telegramas específicos na rede Ethernet. Devem ser tomadas precauções especiais de hardware para implementar essa sincronização de relógio.

O ciclo de comunicação é dividido em diferentes intervalos para a comunicação sincronizada (Figura 17). Primeiro, os dados síncronos são transmitidos no intervalo vermelho. Esse intervalo vermelho é protegido contra retardos causados por outros dados e permite um alto nível de determinismo. No intervalo verde aberto subsequente, todos os outros dados são transmitidos de acordo com a IEEE 802 e as prioridades especificadas.
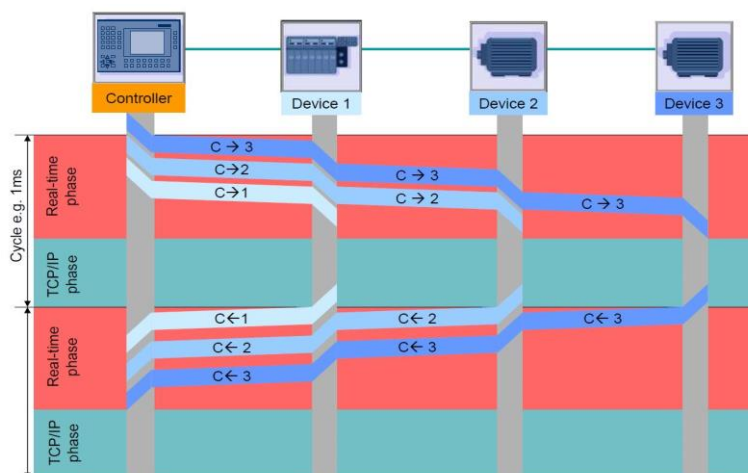
Figura 17: A comunicação IRT divide o ciclo de barramento em um intervalo reservado (vermelho) e um intervalo aberto (verde)

A divisão dos intervalos individuais pode variar. Se não for assegurado o encaminhamento dos dados antes do início do próximo intervalo reservado, os dados não prioritários são armazenados temporariamente e enviados no próximo intervalo verde.

5.2 Operação mista

A combinação de comunicação síncrona e assíncrona dentro de um sistema de automação é plenamente possível. Na Figura 18 é exibida uma operação mista. Nesse exemplo, um switch com capacidade de sincronização foi integrado na rede de campo junto aos dispositivos 1,2 e 3. Nesta configuração é possível garantir o sincronismo dos dispositivos que estão no domínio de sincronização, atingindo-se o determinismo necessário à aplicação. Os outros dois dispositivos não participam do domínio de sincronização e, portanto, se comunicam de forma assíncrona. O switch assegura que essa comunicação ocorra somente durante o intervalo verde.

5.3 Modo IRT Otimizado

Quando os tempos de ciclo das comunicações são extremamente baixos, a eficiência da comunicação sincronizada pode ser otimizada utilizando a tecnologia DFP (**D**ynamic **F**rame **P**acking). (Figura 19).

Para uma estrutura em linha, os dados sincronizados de vários dispositivos são opcionalmente combinados em um único telegrama Ethernet. Os dados cíclicos em tempo real podem ser extraídos por seus respectivos nós. Como os dados dos dispositivos de campo para o controlador também são rigorosamente sincronizados, esses dados podem ser combinados pelo switch em um único telegrama Ethernet.
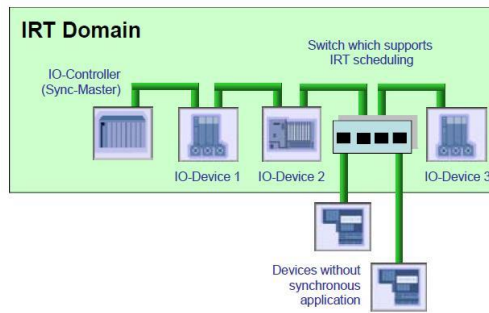
Figura 18: Operação mista de aplicações sincronizadas e não sincronizadas

De maneira ideal, somente um telegrama é então transmitido para todos os dispositivos de campo no intervalo vermelho. Esse telegrama é desmontado ou montado no switch correspondente, se necessário.

Essa tecnologia DFP é opcional para sistemas que demandam tempos de ciclo extremamente baixos. As funcionalidades dos outros intervalos são retidas, isto é, uma operação mista também é possível. No entanto, para atingir tempos de ciclo curtos de até 31,25 µs, o intervalo verde deve também ser reduzido drasticamente. Para conseguir isso, os telegramas Ethernet das comunicações assíncronas são fragmentados em telegramas menores e montados novamente no dispositivo de destino de forma transparente.
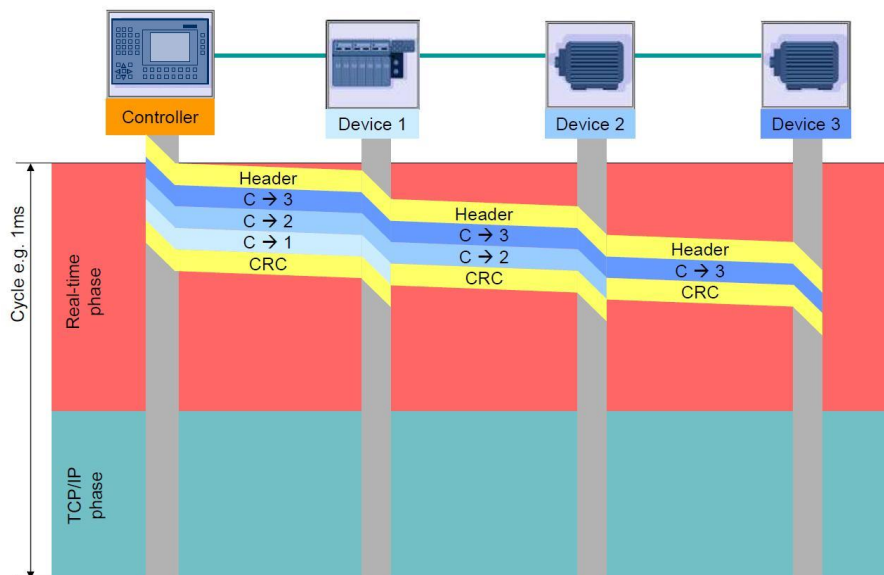
Figura 19: Combinação dos dados cíclicos individuais em um único telegrama Ethernet

6. Funções adicionais

O PROFINET proporciona um grande número de funções adicionais além das funções obrigatórias previstas nas Classes de Conformidade (Tabela 1). Quando houver a necessidade de utilização de tais funções, os detalhes de tais funções devem ser verificados nas documentações do dispositivo (data sheet, manuais, arquivo GSD).

Requisito	Função/solução técnica
Entradas compartilhadas com vários controladores	Shared Input
Dispositos compartilhados com vários controladores	Shared Device
Identificação estendida de dispositivo	Identificação e Manutenção IM1-4
Atribuição automática de parâmetros de dispositivos usando conjuntos de parâmetros (parameter sets)	Servidor de parâmetro individual
Alteração de parâmetros sem parar a rede	Configuration in Run - CiR
Sequenciamento de Eventos (SOE)	Time sync
Reinicialização rápida após energização	Fast start-up - FSU
Alta disponibilidade através de redundância dos cabos de rede	MRP/MRPD
Chamada de uma ferramenta de engenharia específica de um dispositivo	Tool Calling Interface (TCI)

6.1 Múltiplo acesso a dispositivos de campo

A grande inovação do conceito Shared Device é acesso simultâneo e independente de dois controladores sobre um mesmo dispositivo (Figura 20). No Shared Device, o usuário define quais módulos do dispositivo serão atribuídos a um controlador e quais módulos serão atribuídos aos outros controladores. Uma aplicação simples para o Shared Device pode ser caracterizada em aplicações de segurança funcional, nas quais uma CPU fail-safe controla os módulos de segurança funcional e um controlador padrão controla os módulos padrões de um mesmo dispositivo. Dessa forma é possível maximizar a utilização dos dispositivos, tanto em termos de funções quanto em termos de espaço necessário à instalação, sem que haja diminuição no grau de segurança máximo que pode ser oferecido pelo sistema.

No caso de uma entrada compartilhada, há acesso simultâneo à mesma entrada por dois controladores diferentes (Figura 21). Assim, um sinal de entrada que deve ser utilizado em dois controladores diferentes não precisa ser conectado duas vezes ou transferidos via comunicação entre CPUs.
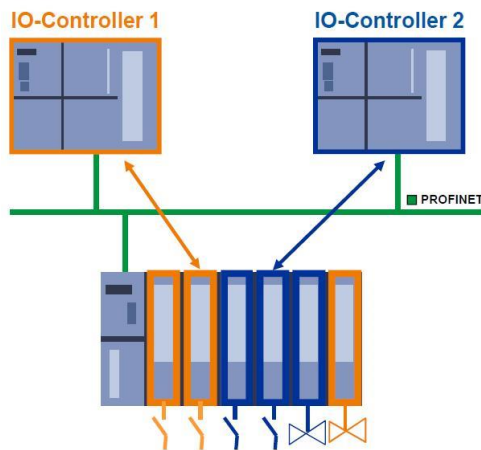
Figura 20: Shared Device: Múltiplos controladores compartilhando um mesmo dispositivo
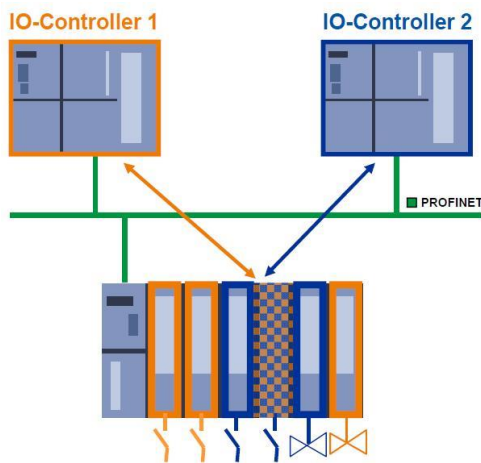
Figura 21: Shared Input: Múltiplos controladores compartilhando as mesmas entradas de um dispositivo

6.2 Identificação estendida de dispositivo

Outras informações para identificação e manutenção padronizadas e simplificadas são definidas através de I&M data records adicionais. Os I&M1-4 contêm informações específicas de planta, tais como localização e data da instalação. Eles são definidos durante a configuração e gravados no dispositivo (Tabela 3).

IM1	TAG_FUNCTION	Designação da planta
	TAG_LOCATION	Designação da localização
IM2	INSTALLATION_DATE	Data da instalação
IM3	DESCRIPTOR	Comentários
IM4	SIGNATURE	Assinatura
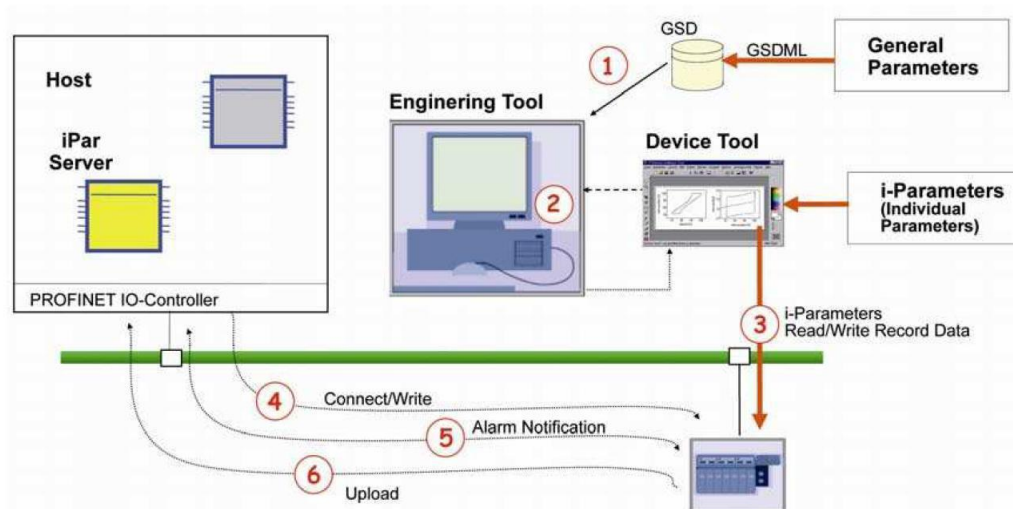
Figura 22: Um servidor de parâmetros pode ser usado para recarregar automaticamente parâmetros durante a substituição do dispositivo

6.3 Servidor de Parâmetros

Um servidor de parâmetros é utilizado como ferramenta de backup/restauração dos parâmetros opcionais de um dispositivo de campo (Figura 22).

A parametrização básica de um dispositivo de campo é realizada através dos parâmetros definidos no arquivo GSD desse dispositivo. Tais parâmetros são armazenados como parâmetros estáticos e podem ser transferidos do controlador para o dispositivo durante a energização (power-up) do sistema. Para alguns dispositivos de campo é impossível ou inadequado inicializar alguns parâmetros usando o GSD (General Station Description) devido à quantidade de parâmetros, comodidade para o usuário ou requisitos de segurança envolvidos. Esses dados para dispositivos e tecnologias específicas são chamados de parâmetros individuais (individual parameters - iPar). Muitas vezes, eles podem ser configurados somente durante o comissionamento. Se um desses dispositivos de campo falhar e vir a ser substituído, esses parâmetros devem ser recarregados no novo dispositivo sem a necessidade de uma ferramenta adicional. O servidor de parâmetros proporciona aos operadores da planta uma solução conveniente e uniforme para tal funcionalidade.

6.4 Configuration in Run

Da mesma forma como na redundância, a operação ininterrupta da planta, mesmo durante a reconfiguração da rede e dos dispositivos, desempenha um papel importante na automação de processo (Figura 23), independentemente se esses módulos estão sendo inseridos, removidos ou substituídos do sistema. Todas essas ações de "Configuration in Run" (CiR) são executadas no PROFINET sem impacto ou prejuízo ao funcionamento da rede. Isso assegura que as manutenções,

modificações, ou expansões na planta possam ser executadas sem desligamento do sistema, inclusive em processos de produção continua.
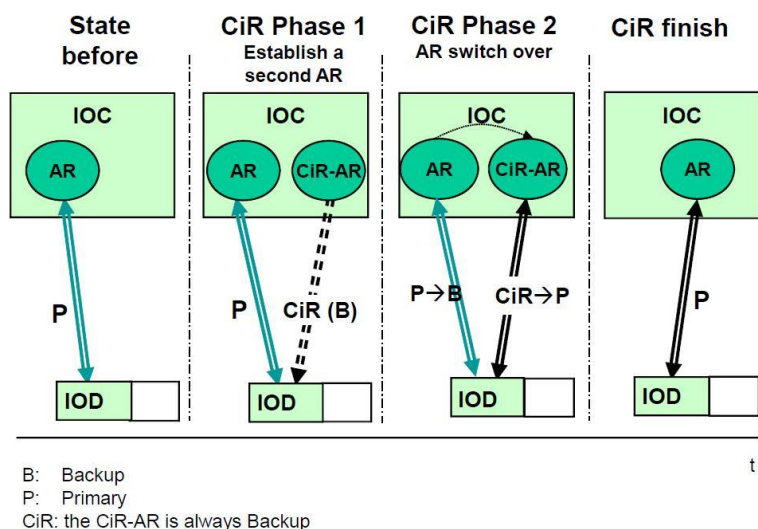
Figura 23: Alterações de configuração sem interrupção da planta graças à conexão redundante.

6.5 Estampa de tempo

Muitas aplicações exigem que a ordem cronológica dos eventos e alarmes seja detectada de forma precisa e segura. Nesses casos é possível adicionar uma estampa de tempo (time stamp) nos eventos e alarmes diagnosticados pelo PROFINET I/O. É imprescindível nesses casos que os dispositivos de campo tenham seus relógios internos sincronizados entre si. Para se obter tal sincronização, um servidor de data/hora deve ser utilizado, assim como um protocolo de sincronismo de tempo.

6.6 Reinicialização Rápida

A característica de Reinicialização Rápida (**F**ast **S**tart **U**p - FSU) define uma energização mais rápida do sistema, isto é a troca de dados de IO inicia-se muito mais rápido que o habitual. Isso é obtido pela supressão de parametrizações desnecessárias (que já foram feitas anteriormente). Essa funcionalidade adicional pode ser usada em paralelo com os dispositivos que não a usam (dispositivos que necessitam parametrização completa após energização ou reset). Para que a reinicialização rápida possa acontecer, os parâmetros de comunicação devem ser armazenados na memória retentivamente dos dispositivos.

6.7 Alta disponibilidade

A utilização de switches e dispositivos PROFINET com switches integrados permite configurações de redes Ethernet altamente flexíveis, seja utilizando estruturas de rede do tipo estrela, linha, anel ou então uma combinação de todas elas. Essa combinação é especialmente adequada para conexões em linha entre os painéis de controle e conexão estrela entre os dispositivos que estão no processo e os painéis de controle. Se a conexão entre dois dispositivos de campo em uma rede em linha é interrompida, os dispositivos de campo situados após a interrupção ficam inacessíveis. Se for necessária maior disponibilidade, devem-se prover caminhos de comunicação redundantes ao planejar o sistema, portanto, devem ser utilizados dispositivos de campo/switches que suportam o conceito de redundância do PROFINET.

Uma rede em linha pode ser fechada em suas extremidades formando um anel para proporcionar facilmente um caminho de comunicação redundante. Na eventualidade de um erro, a conexão a todos os nós é assegurada através do caminho alternativo. Com isso se obtem-se tolerância a uma falha por vez. A eliminação da falha deve ser executada tão logo quanto possível, de forma a assegurar que essa falha seja eliminada antes de ocorrer uma segunda falha na rede.

O PROFINET tem dois mecanismos para configurar redundância de cabos em forma de anel, dependendo dos requisitos:

Protocolo de Redundância de Mídia (Media redundancy protocol - MRP)

O protocolo MRP, de acordo com a IEC 62439, descreve a redundância PROFINET com um tempo típico de reconfiguração após uma falha menor do que 200 ms para redes com até 50 dispositivos, aplicável para troca de dados acíclicas e cíclicas em modo RT. Uma rede Ethernet de alta disponibilidade utilizando o MRP necessita um gerenciador de redundância (media redundancy manager - MRM) e um ou vários clientes de redundância (media redundancy clients - MRC) dispostos em um anel, como mostra a Figura 24.
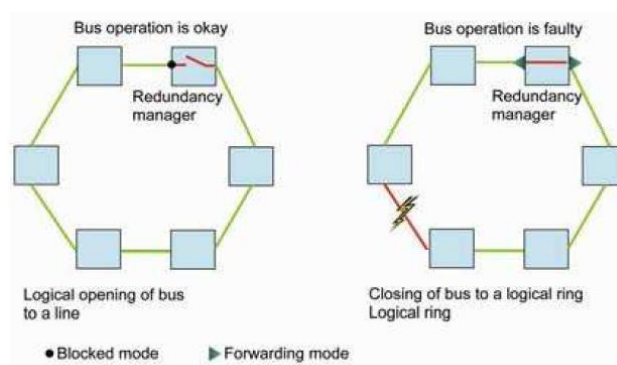
Figura 24: MRP: esquema de operação do gerenciador de redundância

A tarefa do gerenciador de redundância (MRM) é verificar o estado operacional do anel lógico da rede. Isto é realizado enviando-se telegramas de teste de forma cíclica. Enquanto ele recebe os seus telegramas de teste de volta, a estrutura do anel está garantida. Como resultado desse comportamento, um MRM impede que os telegramas circulem no anel e converte uma estrutura em anel para uma estrutura em linha.

Um cliente de redundância é um switch que age somente como um encaminhador dos telegramas de teste e geralmente não assume um papel ativo no anel.

Redundância de mídia para duplicação planejada (Media redundancy for planned duplication - MRPD)

O IEC 61158 descreve o conceito de redundância MRPD (**M**edia **R**edundancy for **P**lanned **D**uplication) para comunicação IRT otimizada, que permite a troca do caminho de comunicação na eventualidade de uma falha. Durante a inicialização do sistema, o I/O Controller configura os possíveis caminhos de comunicação em ambos os sentidos para todos os dispositivos do sistema. Assim, não importa qual dispositivo falhe uma vez que o planejamento da rede em ambos os sentidos está configurado nos dispositivos de campo e é monitorado e executado sem exceção. A configuração do planejamento por si só é suficiente para impedir que os telegramas circulem no anel, uma vez que as portas de destino estão explicitamente definidas.

6.8 Chamando uma ferramenta de engenharia

Dispositivos sofisticados, como drives, laser scanners, etc., muitas vezes possuem seu próprio software e ferramentas de engenharia e configuração. Com a interface de chamada (tool calling interface - TCI) essas ferramentas dos dispositivos podem agora ser chamadas diretamente a partir da estação de engenharia do sistema, possibilitando dessa forma a atribuição de parâmetros e o diagnóstico dos dispositivos. Neste caso, a rede PROFINET é utilizada nas configurações dos dispositivos de campo. Além das ferramentas de configuração dos dispositivos, outras tecnologias como a EDDL e a FDT também podem ser utilizadas em sistemas PROFINET. A TCI consiste dos seguintes componentes principais:

- **Interface de chamada:** O usuário pode abrir várias ferramentas de configuração dos dispositivos (Device Tools = DT) que estão disponíveis na estação de engenharia (Engineering System = ES).
- **Interface de comunicação:** O servidor de comunicação (TCI) torna possível a comunicação das ferramentas de configuração (DT) com os dispositivos de campo.

Graças à especificação TCI, disponível gratuitamente, os fabricantes de dispositivos podem criar uma DT (Device Tool) que funciona de forma autônoma e podem ser integradas em qualquer ferramenta de configuração. A utilização da TCI é aplicável tanto para dispositivos de campo de menor preço, como para dispositivos sofisticados e que já possuem uma ferramenta de configuração, uma vez que a adaptação ao uso da TCI é simples.

7. Integração de sistemas fieldbus

O PROFINET especifica um modelo para integrar redes PROFIBUS existentes e outras redes de campo tais como INTERBUS e DeviceNet (Figura 25).
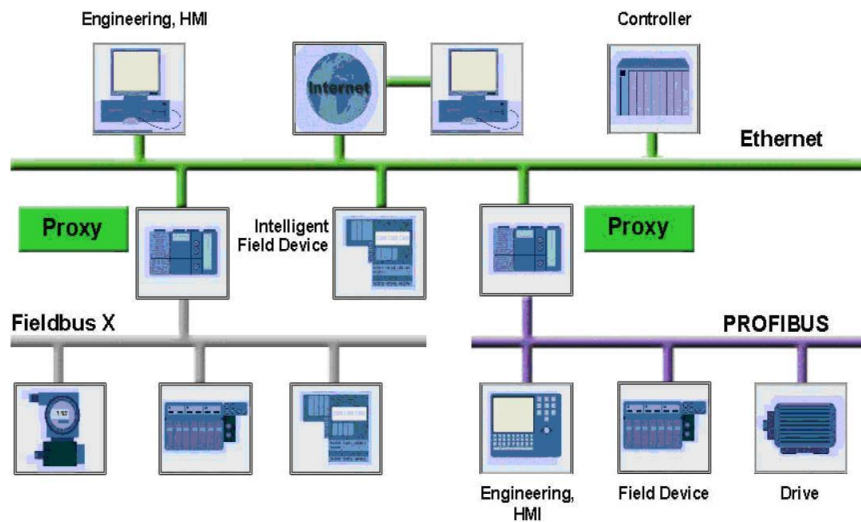
Figura 25: A integração de outras de redes de campo é fácil com o PROFINET

Isto significa que qualquer combinação de subsistemas baseados em redes de campo e PROFINET pode ser obtida. Assim é possível uma transição suave de sistemas baseados em outras redes de campo para o PROFINET. Os seguintes requisitos são levados em consideração:

- O usuário necessita integrar facilmente instalações existentes em sistemas PROFINET recém instalados.
- Os fabricantes de máquinas e plantas industriais optam por utilizar dispositivos com os quais estão familiarizados sem quaisquer modificações em projetos de automação com PROFINET.
- Os fabricantes de dispositivos necessitam integrar seus dispositivos de campo atuais, em sistemas PROFINET sem a necessidade de modificações de alto custo.

Outras redes de campo podem ser integradas facilmente em um sistema PROFINET utilizando-se proxies e gateways. O proxy funciona como um representante dos dispositivos de campo na Ethernet. Ele integra os nós conectados numa rede de campo existente a um sistema PROFINET. Consequentemente, as redes de campo existentes podem ser integradas nos sistemas PROFINET sem que para tanto seja necessária a reconfiguração geral do sistema, mantendo-se dessa forma a proteção de investimento dos sistemas legados. Essa característica possibilita o planejamento de uma migração suave e adaptável para o PROFINET. Da mesma forma, o startup e operação de tais sistemas tornam-se mais simples uma vez que muitas funções integradas ainda podem ser utilizadas. Dispositivos de campo e ferramentas de engenharia podem ser integrados em sistemas PROFINET.

8. Perfis de aplicação

Por padrão, o PROFINET executa a troca de dados de forma transparente. Compete ao usuário interpretar os dados enviados ou recebidos no programa de usuário de uma solução baseada em PC ou controlador lógico programável (programable logic controller - PLC).

Perfis de aplicação são especificações para aplicações com características e desempenhos particulares, e o comportamento dos dispositivos para tais aplicações é desenvolvido de forma conjunta por fabricantes e usuários. O termo "perfil" pode se aplicar a algumas especificações para uma determinada classe de dispositivos ou um conjunto abrangente de especificações para determinadas aplicações em um setor particular da indústria.

Em geral, podem ser identificados dois grupos de perfis de aplicações:

- **Perfis de aplicação geral** que podem ser usados para diferentes aplicações (como exemplos temos os perfis PROFIsafe e PROFIenergy)
- **Perfis de aplicação específica** que foram desenvolvidos para um tipo especifico de aplicação, como PROFIdrive ou dispositivos para automação de processo.

Esses perfis de aplicação são especificados pela PI com base na demanda de mercado e estão disponíveis no website da PI.

8.1 PROFIsafe

A designação PROFIsafe refere-se a um protocolo definido na norma IEC 61784-3-3 para implementação de segurança funcional (fail-safe) e é reconhecida pelos organismos internacionais de certificação IFA e TÜV. O PROFIsafe pode ser utilizado tanto com PROFIBUS quanto com PROFINET de forma semelhante.

O uso do PROFIsafe permite a troca de dados relacionados à segurança entre dispositivos fail-safe na mesma rede onde a troca de dados entre dispositivos padrão é executada. Não há necessidade de separar as redes entre si.

8.2 PROFIdrive

A designação PROFIdrive refere-se à especificação de uma interface PROFIBUS / PROFINET padronizada para drives. Esse perfil orientado para aplicação, que foi padronizado na norma IEC 61800-7, contém definições padrão (sintaxe e semântica) para comunicação entre drives e sistemas de automação, garantindo assim a neutralidade do fornecedor, interoperabilidade e proteção do investimento.

O perfil de aplicação PROFIdrive proporciona os fundamentos para quase todas as tarefas de acionamentos relacionadas a engenharia de automação industrial. Ele define o comportamento dos dispositivos e os procedimentos para acessar os dados de drives e também integra de forma otimizada os perfis PROFIsafe e PROFIenergy.

8.3 PROFIenergy

Os altos custos energéticos e a necessidade de cumprir obrigações legais estão compelindo a indústria a se engajar na economia de energia. A atual tendência focando o uso de acionamentos de alta eficiência energética e otimização de processos produtivos resulta em significativos ganhos econômicos. No entanto, nas plantas e unidades de produção atuais, muitos equipamentos pertinentes ao sistema de automação permanecem ligados, consumindo energia mesmo durante as pausas de produção. O perfil PROFIenergy prove meios para que tais equipamentos sejam desligados de forma coordenada durante as pausas de produção.

O PROFIenergy permite um gerenciamento de energia ativo e eficaz. Desligando os equipamentos desnecessários e/ou adaptando parâmetros (tais como brilho, taxa de processamento e outros associados ao consumo de energia) conforme o ritmo da produção, dessa forma os custos energéticos podem ser drasticamente reduzidos. Os comandos PROFIenergy permitem comandar robôs, máquinas de corte a laser ou outros subsistemas utilizados nas indústrias de manufatura reduzindo o consumo de energia sem comprometer a produção atual.

Os dispositivos PROFINET nos quais a funcionalidade PROFIenergy é utilizada podem receber comandos para reagir de forma flexível aos tempos de pausa. Dessa maneira, dispositivos individuais ou partes desnecessárias de uma máquina podem ser desligados durante pequenas pausas, da mesma forma toda a planta pode ser desligada ordenadamente durante longas pausas. Além disso, o PROFIenergy pode ajudar a melhorar a produção de uma planta com base no seu consumo de energia.

9. PROFINET para Automação de Processos

Comparada com a automação de manufatura, a automação de processo tem algumas características especiais que contribuem para definir o uso da automação em larga escala. As plantas podem ter uma vida útil de muitas décadas. Isso cria uma necessidade, por parte dos clientes finais, de que tecnologias antigas e novas coexistam de forma compatível. Alem disso, os requisitos de confiabilidade das plantas de processo, particularmente em processos contínuos, são consideravelmente maiores. Como resultado desses dois fatores, as decisões de investimentos referentes às novas tecnologias são significativamente mais conservadoras em automação de processos do que em automação de manufatura.

Para uso otimizado do PROFINET em todos os setores da automação de processo, a PROFIBUS & PROFINET International criou um catálogo de requisitos em colaboração com os usuários. Dessa maneira, pode-se assegurar que os usuários podem confiar em um sistema cujo investimento é protegido, sendo que atuais sistemas baseados no PROFIBUS podendo migrar para o PROFINET a qualquer instante. Os requisitos incluem principalmente as funções para troca cíclica e acíclica de dados, integração de redes de campo (PROFIBUS PA, HART, e FF), parametrização e configuração dos dispositivos de campo, incluindo alterações sem parada do sistema (Configuration in Run), ferramentas de diagnóstico e manutenção, redundância e estampa de tempo (SOE).
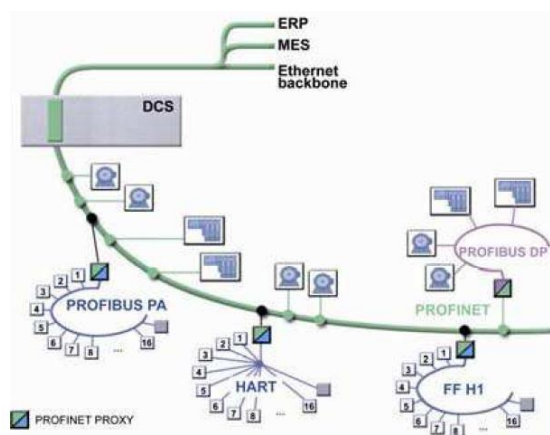
Figura 26: Exemplo de arquitetura para uso do PROFINET em automação de processo

A alimentação da rede com limitação de energia para dispositivos em áreas classificadas em Ethernet não foi formulada como um requisito, pois já existe uma solução ideal e testada com o PROFIBUS PA. Além disso, soluções Ethernet testadas e aprovadas para tal finalidade não existem atualmente.

10. Instalação de rede

O PROFINET é baseado em uma rede Ethernet de 100 Mbps, full-duplex, dessa forma é possível utilizar altas taxas de transmissão ao longo de toda rede (por exemplo, entre switches, computadores ou câmeras de monitoramento).

O PROFINET define não apenas os componentes ativos da rede, mas também os componentes de infraestrutura passiva (cabeamento, conectores). A interligação entre dispositivos pode ser feita por cabos elétricos, por fibra óptica ou até mesmo redes sem fio. Em uma rede Classe de Conformidade A (CC-A), a transmissão sem fio pode ser feita tanto por Bluetooth como por WLAN (Tabela 4).

Cabeamento de rede e componentes de infraestrutura	Solução	Classe de conformidade
Componentes de rede passivos (conector, cabo)	RJ45, M12	A, B, C
Sistemas de transmissão com fio de cobre e fibra óptica	TX, FX, LX	A, B, C
Conexões sem fio	WLAN, Bluetooth	A
Switch IT	Com VLAN tag de acordo com IEEE 802.x	A
Switch com função de IO device	PROFINET com RT	B
Switch com função de IO device e reserva de largura de banda	PROFINET com IRT	C

O Guia de Cabeamento define para todas as Classes de Conformidade um cabo de 2 pares de fios, de acordo com a norma IEC 61784-5-3. O uso de cabos de 4 pares de fios também é permitido para sistemas de transmissão com requisitos de cabeamento Gigabit.

Para uma rede CA-A, é possível usar uma rede completa com componentes ativos e passivos de acordo com a norma ISO/IEC-24702, levando em consideração o Guia de Cabeamento CC-A. Da mesma forma, componentes ativos de infraestrutura (por exemplo, switches) de acordo com a norma IEEE 801.x podem ser usados se eles suportarem o padrão VLAN com priorização de telegramas.

Foram elaborados guias técnicos de fácil entendimento para possibilitar o planejamento, instalação, e comissionamento do PROFINET I/O de forma eficaz. Essas guias estão disponíveis no site da PI gratuitamente. Para mais informações, consulte esses guias.

10.1 Configuração da rede

Os dispositivos de campo PROFINET I/O são interligados através de switches. Normalmente os dispositivos de campo possuem switches integrados para esta finalidade (por exemplo, com duas portas inclusas). Switches adequados para o PROFINET devem suportar “autonegotiation” (negociação dos parâmetros de transmissão) e “autocrossover” (cruzamento autônomo de linhas de envio e recepção). Consequentemente, a comunicação pode ser estabelecida de forma autônoma, independente se o cabo utilizado tem suas vias de dados cruzadas ou ligadas em esquema 1:1.

O PROFINET suporta as seguintes topologias para a comunicação Ethernet:

- Topologia em linha, que conecta os dispositivos entre si através dos switches integrados (Figura 27).
- Topologia em estrela, que requer um switch central no qual os dispositivos de campo são conectados.

- Topologia em anel, na qual uma linha de comunicação é fechada para formar um anel obtendo-se redundância de cabos.
- Topologia em árvore, na qual são combinadas as topologias indicadas acima.
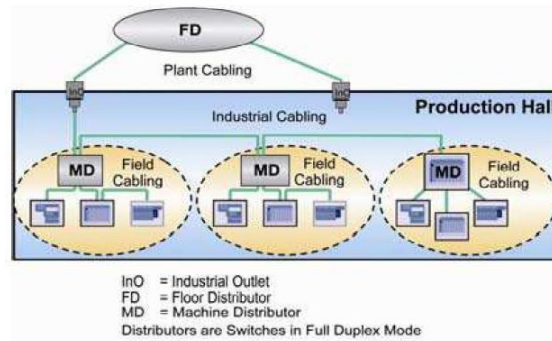
Figura 27: Redes Ethernet em ambiente industrial usualmente têm topologia em linha

10.2 Cabos para o PROFINET

O comprimento máximo de um segmento para **transmissão elétrica de dados** com cabos de cobre entre dois nós (dispositivos de campo ou switches) é 100 m. Os cabos de cobre devem ter a bitola AWG 22. O guia de instalação define diferentes tipos de cabos, cujo alcance foi adaptado conforme os requisitos gerais da indústria. Uma vez que os switches (externos ou integrados) atuam também como repetidores de sinal, tecnicamente não existem limites nas distâncias das instalações.

Os cabos PROFINET estão em conformidade com os tipos de cabos usados na indústria:

- **PROFINET Type A:** Cabo para instalação fixa padrão, não há movimentos após a instalação,
- **PROFINET Type B:** Cabo flexível padrão, há movimento ocasional ou vibração durante a operação do sistema,
- **PROFINET Type C:** Aplicações especiais: por exemplo, altamente flexível, com movimentos constantes (cabo móvel ou torção) durante a operação do sistema.

Devido à sua isolação elétrica, o uso de **cabos de fibra óptica para transmissão de dados** é especialmente adequado se a conexão equipotencial entre áreas individuais da planta for difícil de estabelecer. As fibras ópticas também apresentam vantagens em relação aos cabos de cobre no caso de requisitos extremos de EMC. Para a transmissão por fibra óptica, pode-se usar fibras ópticas de polímero de 1 mm (polymer optic fibers - POF), cuja manipulação se adapta muito bem aos requisitos industriais.

10.3 Conectores Plug

O PROFINET dividiu as condições ambientais em apenas duas classes. Isso elimina complexidade desnecessária e permite o estabelecimento de requisitos específicos à automação. As classes ambientais do PROFINET para aplicações em automação estão subdivididas em uma classe de ambientes protegidos **Internos**, como por exemplo, em um painel de controle, e uma classe **Externa** aos painéis de controle para aplicações localizadas diretamente em campo (Figura 28).

A seleção adequada dos conectores PROFINET deve ser feita de acordo com a aplicação. Se a tendência for usar rede Ethernet compatível com equipamentos de escritório, a **transmissão elétrica de dados** é realizada através do RJ 45, que é recomendado universalmente para "condições ambientais internas". Para ambientes "Externos", foi desenvolvido um conector com maior grau de proteção e que utiliza internamente um conector RJ 45 para transmissão elétrica de dados. O conector M12 também é especificado para o PROFINET.

Para a **transmissão óptica de dados** através de fibras ópticas de polímero, é especificado o conector SCRJ, que é baseado no conector SC. O SCRJ é usado para ambientes "Internos" sendo que também foi desenvolvido um conector com maior grau de proteção para ambientes "Externos". Existem conectores ópticos formato M12 que pode ser usado com PROFINET e fibra óptica em polímero de 1 mm (POF).

Ao mesmo tempo, são também especificados os conectores para as **fontes de alimentação**, dependendo da topologia e da tensão de alimentação. "Além do conector de pressão (push-pull plug connector), podem ser usados também conectores de 7/8", conectores híbridos, ou conectores M12. A diferença entre esses conectores está nas bitolas dos cabos que podem ser utilizadas e, portanto, nas correntes máximas suportadas por cada um deles.

10.4 Segurança

Para plantas com redes mais sofisticadas ou que são interligadas via Internet, o PROFINET recomenda um conceito de segurança baseado em zonas de proteção. Recomenda-se um conceito de segurança adequado para a aplicação em si, com uma ou mais zonas de seguranças adjacentes. Por um lado, esse conceito não sobrecarrega os dispositivos PROFINET e por outro lado permite que os conceitos de segurança sejam aprimorados conforme os requisitos de engenharia de uma automação integrada.
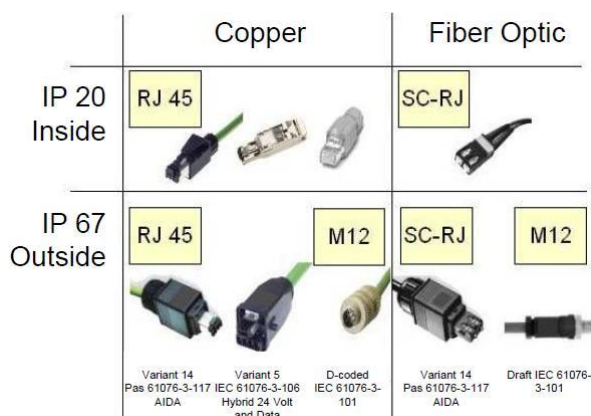
Figura 28: O PROFINET oferece uma gama de conectores industriais

O conceito de segurança proporciona proteção tanto para os dispositivos individuais quanto para a rede toda contra acesso não autorizado. Além disso, existem módulos de segurança que permitem que as redes sejam segmentadas e, portanto, separadas entre si e protegidas do ponto de vista de segurança. Somente telegramas devidamente identificados e autorizados têm permissão para acessar os dispositivos dentro de cada segmento. (Figura 29).
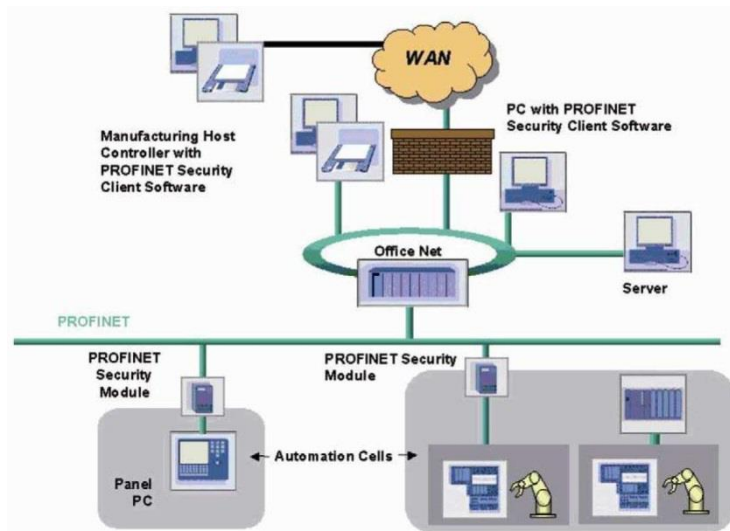
Figura 29: Segmentação da rede de automação

11. PROFINET I/O-Tecnologia e Certificação

O PROFINET segue a norma IEC 61158. É com base nessa norma que os dispositivos nas plantas industriais podem ser conectados numa mesma rede e trocar dados sem erros. São necessárias medidas de qualidade de forma a garantir a interoperabilidade entre sistemas de automação. Por essa razão, a PROFIBUS & PROFINET International estabeleceu um processo de certificação para dispositivos PROFINET no qual são emitidos certificados baseados nos relatórios dos testes efetuados por laboratórios credenciados pela PI. Embora a certificação PI de um dispositivo de campo não era necessária para o PROFIBUS, as diretrizes para o PROFINET mudaram, de forma que qualquer dispositivo de campo que utilize o nome PROFINET deve ser certificado. A experiência com o PROFIBUS durante os últimos 20 anos mostrou que é necessário um padrão de qualidade muito alto para proteger os sistemas de automação, os usuários e os fabricantes de dispositivos de campo.

11.1 Suporte de Tecnologia

Os fabricantes de dispositivos que querem implementar o PROFINET nos seus produtos podem utilizar interfaces Ethernet de mercado. Alternativamente, empresas membros da PI oferecem muitas opções para o uso eficiente de interfaces PROFINET I/O.

Para tornar mais fácil a implementação do PROFINET I/O por parte dos fabricantes de dispositivos, a PI Competence Center e empresas participantes da associação oferecem suporte a tecnologia básica PROFINET I/O. Também estão disponíveis serviços de consultoria e programas especiais de treinamento ao desenvolvedor. Antes de iniciar um projeto de desenvolvimento com PROFINET I/O, os fabricantes de dispositivos deveriam executar uma análise para determinar se o desenvolvimento interno de uma interface PROFINET I/O é economicamente viável ou se o uso de um módulo de comunicação já disponível satisfaz aos requisitos.

Informações mais detalhadas sobre esse tópico podem ser encontradas na brochura "Tecnologia PROFINET - o caminho fácil para o PROFINET", que pode ser baixada do PI website.

11.2 Ferramentas para desenvolvimento de produto

Fabricantes de dispositivos podem utilizar ferramentas de software para desenvolver e testar seus produtos. Essas ferramentas são fornecidas para os membros da PI sem custos adicionais. Um editor GSD auxilia o fabricante ao criar o arquivo GSD para seu produto. Esse editor GSD pode ser usado para criar os arquivos apropriados e verificá-los.

Da mesma forma, a PI disponibiliza um software para testar as funcionalidades PROFINET do dispositivo de campo. A versão atual suporta teste de todas as Classes de Conformidade bem como funções IRT. Um módulo adicional de segurança permite testar as funcionalidades de comunicação do dispositivo de campo sob diferentes cargas de comunicação.

Para análises detalhadas, ferramentas gratuitas, como o Wireshark, podem ser usadas para verificação de telegramas individuais PROFINET já que a decodificação do PROFINET já está inclusa na versão padrão da ferramenta.

11.3 Testes de certificação

Os testes de certificação são um procedimento padronizado que é executado por especialistas que acompanham o desenvolvimento do PROFINET, estando aptos a interpretar os padrões relevantes à tecnologia de forma inequívoca. Os escopos dos testes descrevem procedimentos obrigatórios que cada laboratório deve executar. Os testes são conduzidos sem que o laboratório necessite saber dos detalhes internos do dispositivo, atuando dessa forma, como se fosse um usuário real.

Todos os procedimentos definidos nos roteiros de testes são orientados para o uso do dispositivo no campo e refletem os requisitos industriais. Isso proporciona a todos os usuários a máxima segurança possível no uso do dispositivo de campo em um sistema. Em muitos casos, o comportamento dinâmico de um sistema pode ser simulado no laboratório de teste.

A PI concede o certificado para o fabricante baseado nos relatórios de testes emitidos pelo laboratório certificado. Um produto precisa ter esse certificado para poder usar a designação PROFINET. Para o usuário, a utilização de produtos certificados significa economia de tempo durante o comissionamento e comportamento estável durante toda a vida útil da instalação. Eles, portanto, exigem certificados de seus fornecedores para os dispositivos de campo utilizados, de acordo com a Classe de Conformidade utilizada.

12. PROFIBUS & PROFINET International (PI)

No que se refere à manutenção, desenvolvimento contínuo, e penetração no mercado, tecnologias abertas precisam de uma instituição autônoma em relação às empresas que possa servir como plataforma de trabalho. Isso foi obtido para as tecnologias PROFIBUS e PROFINET fundando-se a PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO) em 1989 como um grupo de interesse sem fins lucrativos, de fabricantes, usuários e instituições. A PNO é um membro do PI (PROFIBUS & PROFINET International), um grupo genérico fundado em 1995. Com suas 27 Associações PI regionais (RPA) e aproximadamente 1.400 membros, o PI está representado em todos os continentes e é a maior associação do mundo no campo das comunicações industriais (Figura 30).
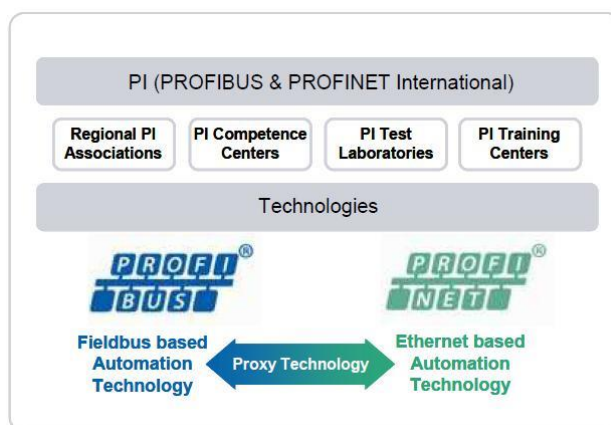
Figura 30: Estrutura do PROFIBUS e PROFINET International (PI)

12.1 Tarefas executadas pela PI

As tarefas principais executadas pelo PI são:

- Manutenção e desenvolvimento contínuo do PROFIBUS e PROFINET.
- Promoção do uso mundial do PROFIBUS e PROFINET
- Proteção do investimento para usuários e fabricantes, influindo na padronização.
- Representação dos interesses dos membros junto aos comitês de normas e associações.
- Prover suporte técnico mundial às empresas através dos PI Competence Centers (PICC).
- Controle de qualidade através da certificação de produto baseada nos testes de conformidade nos laboratórios de teste PI (PI Test Labs - PITL).

- Estabelecimento de um padrão de treinamento mundial através dos Centros de treinamento PI (PI Training Centers - PITC).

Desenvolvimento da Tecnologia

A PI assumiu a responsabilidade pelo desenvolvimento da tecnologia over to PNO Germany. A assessoria da PNO Germany supervisiona as atividades de desenvolvimento. O desenvolvimento da tecnologia contempla entorno de 50 grupos de trabalho com informações de mais de 500 especialistas dos departamentos de engenharia das empresas membro.

Suporte Técnico

A PI suporta mais de 40 PICCs mundiais certificados. Esses recursos proporcionam aos usuários e fabricantes todo tipo de consultoria e suporte. Como instituições da PI, elas são provedoras de serviço independentes e seguem os regulamentos mutualmente acordados. Os PICCs são auditados regularmente quanto à sua capacidade técnica como parte de um processo de reconhecimento oficial. No website pode ser encontrada uma lista dos endereços atuais.

Certificação

A PI oficialmente suporta 10 PITLs mundialmente reconhecidos. Esses PITls estão credenciados para a certificação de produtos com uma interface PROFIBUS ou PROFINET. Como instituições da PI, eles são provedores de serviço independentes e seguem os regulamentos mutuamente acordados. Os serviços de testes oferecidos pelos PITLs são auditados regularmente de acordo com um rigoroso processo de reconhecimento oficial para garantir que eles atendam aos requisitos de qualidade necessários. No website pode ser encontrada uma lista dos endereços atuais.

Treinamento

Os Centros de Treinamento PI (PI Training Centers) foram criados com a finalidade especifica de estabelecer um padrão de treinamento global para engenheiros e técnicos. O reconhecimento oficial dos Centros de Treinamento e os especialistas asseguram a qualidade do treinamento e, portanto, a qualidade dos serviços de engenharia e instalações para PROFIBUS e PROFINET. No website pode ser encontrada uma lista dos endereços atuais.

Internet

Informações atuais sobre a PROFIBUS & PROFINET Internacional (PI) e as tecnologias PROFIBUS e PROFINET estão disponíveis no PI website **www.profibus.com** ou **www.profinet.com**. Isso inclui, por exemplo, um guia de produtos online, um glossário, diversos treinamentos baseado na web, a área de download contendo especificações, perfis, guias de instalação, e outros documentos.